

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Nataša Jagaš

Zagreb, 2018.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentori:

Prof. dr. sc. Zvonko Herold, dipl. ing.

Student:

Nataša Jagaš

Zagreb, 2018.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradila samostalno, uz pomoć prof.dr.sc. Zvonka Herolda, koristeći znanja stečena tijekom studija i znanja stečena radom u firmi Uniweld strojevi d.o.o. te navedenu literaturu.

Zahvaljujem se svom mentoru prof.dr.sc. Zvonku Heroldu na ukazanom povjerenju, strpljenju i korisnoj literaturi.

Zahvaljujem djelatnicima firme Uniweld strojevi d.o.o. koji su mi svojim znanjem i iskustvom uvelike pomogli pri uspješnoj izradi ovog diplomskog rada.

Posebno bi željela zahvaliti cijeloj svojoj obitelji, svim rođacima, susjedima, kolegama, suradnicima, odnosno prijateljima i prijateljicama na razumijevanju, moralnoj potpori, savjetima, financijskoj pomoći i najviše zagrljajima kako tijekom izrade ovog rada, tako i cijelog studija.

Nataša Jagaš



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:
procesno-energetski, konstrukcijski, brodstrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur. broj:	

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Nataša Jagaš**

Mat. br.: 0035169705

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Metodička razrada okretaljke za zavarivanje**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Methodical Elaboration Rotating Device for Welding**

Opis zadatka:

Okretaljke su specijalni pomoćni strojevi namijenjeni za posluživanje strojeva za automatsko zavarivanje u zavarivačkim pogonima. Koriste se kod zavarivanja cilindričnih i konusnih plaštava raznih promjera i dužina. Uvijek se rabe u paru gdje je jedna pogonska, a druga slobodna jedinka. Potrebno je konstrukcijski oblikovati i razraditi okretaljke za zavarivanje, a nosivu konstrukciju stroja oblikovati u zavareno vijčanoj izvedbi.

Podaci za konstrukciju:

1. Promjer cijevi za zavarivanje: $D_{\min}=550$ mm do $D_{\max}=1550$ mm.
2. Nosivost okretaljke: $Q = 5$ tona.
3. Regulacija brzine zavarivanja: $v = 0$ do 2 m/min.
4. Jednostavno rukovanje - precizno vođenje i pozicioniranje valjaka.
5. Postupak zavarivanja pod praškom.
6. Stroj mora imati vlastito mobilno postolje.

Radom treba obuhvatiti:

1. Metodički pristup razvoju stroja po fazama metodičkog konstruiranja (funkcijsko stablo, morfološka matrica, kreiranje varijanti, vrednovanje i izbor optimalne varijante).
2. Modelirati stroj i izraditi sklopni crtež optimalne varijante u obliku projektnog crteža sa svim potrebnim presjecima i detaljima neophodnim za konstrukcijsku razradu.
3. Provesti proračun pogona i valjaka te karakterističnih dijelova odabrane varijante stroja.
4. Radionička razrada dijelova u dogovoru s mentorom.

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

Datum predaje rada:

Predviđeni datum obrane:

3. svibnja 2018.

5. srpnja 2018.

11., 12. i 13. srpnja 2018.

Zadatak zadao:

Predsjednica Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Zvonko Herold

Prof. dr. sc. Tanja Jurčević Lulić

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
POPIS SLIKA	II
POPIS TABLICA.....	III
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE	IV
POPIS OZNAKA	V
SAŽETAK.....	V
SUMMARY	VII
1 UVOD.....	1
1.1 Cijevi.....	1
1.2 Zavarivanje.....	3
1.3 Oprema u proizvodnji zavarenih konstrukcija	6
1.4 Rentabilnost opreme za zavarivanje	9
2 RAZVOJ PROIZVODA.....	11
2.1 FAST - Function Analysis System Technique.....	11
2.2 Morfološka matrica	12
2.3 Kreiranje, vrednovanje i odabir koncepta	14
3 PRORAČUN	19
3.1 Raspored opterećenja na kotače	19
3.2 Dimenzioniranje pogonske jedinice.....	20
3.3 Odabir ležaja	25
3.4 Proračun podvozja.....	26
3.5 Odabir elektromotora s reduktorom	28
4 PRIKAZ 3D MODELA.....	29
5 ZAKLJUČAK.....	33

POPIS SLIKA

Slika 1	Shandong Kerui Petroleum Equipment Ltd. [7].....	2
Slika 2	Shematski prikaz procesa taljenja kod EPP zavarivanja [10]	4
Slika 3	Shematski prikazan proces EPP zavarivanja [10]	5
Slika 4	Klasifikacija mehaničke opreme za zavarivanje [12].....	8
Slika 5	Grafički prikaz ovisnosti troškova po komadu i količine komada	10
Slika 6	Faze razvoja proizvoda.....	11
Slika 7	Funkcijsko stablo uređaja	12
Slika 8	Koncept 1 – kandasta okretaljka	15
Slika 9	Koncept 2 – okretaljka s 2 oslonca	16
Slika 10	Koncept 3 – okretaljka s pokretnim bokovima	17
Slika 11	Podsklop podvozja: pogled odozgo.....	29
Slika 12	Podsklop podvozja: pogled odozdo.....	29
Slika 13	Podsklop podvozja	30
Slika 14	Podsklop kotači za okretanje – prihvat na podvozje	30
Slika 15	Podsklop: kotači za okretanje pogonske jedinice.....	31
Slika 16	Podsklop: kotači za okretanje slobodne jedinice.....	31
Slika 17	Glavni sklop: Okretaljka za zavarivanje	32

POPIS TABLICA

Tabela 1	Morfološka matrica	13
Tabela 2	Morfološka matrica – odabir rješenja.....	14
Tabela 3	Vrednovanje koncepata	18

POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

DR2018-1-00-000	Okretaljka 5 t
DR2018-2-00-000	Vreteno

POPIS OZNAKA

Latinične oznake

Oznaka	Jedinica	Opis oznake
A_0	mm^2	površina (kružnog) poprečnog presjeka ($A_0 = \pi \cdot d^2/4$)
B	mm	širina ležaja
C	N	dinamička moć nošenja
C_0	N	statička moć nošenja
C_1	N	dinamička opterećenost ležaja
C_1/P	-	sigurnost nošenja
$d_{A,B}$	mm	promjeri ležaja
D_{pi}, d_{pi}	mm	promjer kružnog poprečnog presjeka polja
F_g	N	težina vratila ($F_g = m_g \cdot g$)
$F_{r,a}$	N	radijalna, aksijalna sila
F_{ri}	N	reaktivna sila u ležaju
$l_{A,B}$	mm	udaljenost oslonaca
M_{si}	Nm	moment savijanja segmenta oko osi Y
n_{m2}	o/min	broj okretaja u minuti vratila
P	N	dinamičko ekvivalentno opterećenje ležaja
P	W	snaga
p	Pa	pritisak (tlak)
r_n	mm	polumjer kružnog poprečnog presjeka ($r_n = d/2$)
S	-	faktor sigurnosti
t	s	vrijeme
v	m/s	obodna brzina

Grčke oznake

Oznaka	Jedinica	Opis oznake
α	rad/s^2	kut
η	-	stupanj iskoristivosti
ν	-	Poissonov koeficijent
π	-	Ludolfov broj ($\pi \approx 3,14159$)
σ_{ekv}	MPa	ekvivalentno naprezanje prema Von Misesu

SAŽETAK

U ovom diplomskog radu projektirana je i konstrukcijski razrađena okretaljka za zavarivanje. Uz konstrukcijski dio, u radu je stavljen naglasak na analizu razvoja proizvoda.

Provedeni su proračuni bitnih komponenti konstrukcije, a 3D model konstrukcije izrađen je u Autodesk Inventor Professional 2016 programu. Pomoću 3D modela u istom programu izrađena je sva tehnička dokumentacija.

Okretaljke su specijalni pomoćni strojevi za posluživanje strojeva za varenje kao što su nosač automata za zavarivanje i portal. Okretaljke koristimo kod zavarivanja okruglih i konusnih dijelova raznih promjera i dužina. Uvijek dolaze u paru u kojem je jedna pogonska a druga slobodna jedinka.

Ključne riječi: okretaljka, pomoćni stroj, zavarivanje

SUMMARY

The aim of this work is to design and develop rotating device for welding. In the work analysis of product development is stressed, just as construction part.

Calculation of essential components of the structure have been done, as well as the 3D model of the structure, which is made in the program Autodesk Inventor Professional 2016. Using 3D model in the same program all technical documents are made.

Rotating device is an auxiliary device for running welding machines such as Column & Boom and Portal. Rotating device is used at welding of round and cone pieces of different diameters and length. They always appear in pairs where one is a driven and the other is idler unit.

Key words: rotating device, auxiliary machinery, welding

1 UVOD

Kod automatskog zavarivanja u zavarivačkim pogonima za posluživanje stroja koriste se pomoćni strojevi za manipuliranje obratkom većih dimenzija. Za cilindrične i konusne plašteve najčešće se koriste okretaljke koje se uvijek rade u paru.

1.1 Cijevi

Cijev je izduženo šuplje i na obje strane otvoreno cilindrično tijelo čija je duljina većinom puno veća od njegovog promjera. Za razliku od crijeva, cijev je proizvedena od relativno nefleksibilnog materijala. Najčešće služi za prijenos (transport) tekućina, para, plinova, te sitnih čvrstih tvari (žita, piljevine, pijeska, sitnog ugljena), a upotrebljavaju se i za izradu različitih konstrukcija. Ima širok raspon primjene: brodogradnja, strojogradnja, građevinarstvo, industrija vozila. [5]

Cijevi su najčešće okruglog presjeka, ali mogu biti i pravokutne. Okrugao presjek je u odnosu na pravokutni u prednosti zbog manjih gubitaka pri strujanju i gubitaka topline, a i veće je čvrstoće kod iste vrste materijala. Izrada okruglih cijevi je jednostavnija.

Cijevi se označavaju sa:

- promjerima: vanjskim, D , m, i unutarnjim, d , m, ili
- vanjskim promjerom i debljinom zida, s , m, i
- dužinom, L , m, (može se izostaviti ako se podrazumijeva normirana duljina),
- norma (koja obuhvaća cijev) i
- materijal (od koga je cijev izrađena).

Materijali koji se koriste za izradu cijevi su: sivi lijev, čelik, bakar, aluminij, olovo te cijevi od umjetnih materijala. Cijevi od sivog lijeva se upotrebljavaju za vodove položene u zemlju zbog svojih dobrih antikorozivnih svojstava. Upotrebljavaju se za: gradsku mrežu za plin, vodu i otpadnu vodu tj. kanalizaciju. Čelične cijevi se upotrebljavaju kao i cijevi od sivog lijeva. Prednost im je što bolje podnose prometna opterećenja, a nedostatak je što im je potrebna bolja korozivna zaštita. Bakrene cijevi se, zbog visoke korozivne postojanosti, upotrebljavaju za uljne vodove gdje bi čelične cijevi onečistile fluid. Upotrebljavaju se u prehrambenoj industriji. Aluminijske cijevi se zbog svoje male težine upotrebljavaju u gradnji cestovnih i zračnih vozila. Olovne cijevi su kemijski postojane te se koriste za kućni vodovod.

Cijevi od umjetnih materijala su otporne prema većem broju kemijskih tvari te se upotrebljavaju u prehrambenoj i kemijskoj industriji. [6]

Transport fluida cijevima poznavali su i primijenjivali razvijeni narodi starog vijeka – Mezopotamci, Grci, Rimljani. Korišteni su različiti materijali - drvo, kamen i olovo, no radilo se uglavnom o slivnim cjevovodima niskog tlaka. Problemi čvrstoće materijala cjevovoda i načina povezivanja cijevi onemogućavali su izvedbe tlačnih cjevovoda većih promjera. Tek u sedamnaestom stoljeću primijenio se u Versaillesu prvi tlačni cjevovod izrađen iz lijevanog željeza. [7]



Slika 1 Shandong Kerui Petroleum Equipment Ltd. [8]

Cjevovodi (Slika 1) su dugačke konstrukcije od legiranih ugljičnih čelika koje se koriste za transport fluida u naftnoj, kemijskoj, tekstilnoj i mnogim drugim industrijama, za vrijeme obrade i pohrane u spremnike. Oni se koriste pod vrlo visokim tlakom i promjenljivim temperaturama, a dimenzija korištene cijevi je funkcija količine transportiranog fluida i udaljenosti. Transportni cjevovod je jedan od osnovnih dijelova infrastrukture modernog društva. To je jeftin i siguran način transporta naftnih proizvoda na velike udaljenosti, koji se često koristi za transport velikih količina ugljikovodika pod visokim tlakom. U SAD-u se prirodni plin i drugi rizični materijali prenose cjevovodima čija je ukupna duljina veća od 3,5 milijuna kilometara (2,2 milijuna milja), dok se sva kućanstva u Australiji, Kanadi i drugim industrijaliziranim zemljama snabdijevaju plinom za domaćinstvo i proizvodnju struje putem brojnih mreža cjevovodnih sustava. [9]

1.2 Zavarivanje

U suvremenoj industriji spajanje cijevi velikih promjera zavarivanjem predstavlja izazovan zadatak, posebice s aspekta količine, kvalitete i rokova izvedbe. Stoga se neprestano razvijaju nove, te usavršavaju postojeće metode automatiziranog zavarivanja kao i provjere kvalitete zavarenih spojeva. [11]

Suvremeno stanje u tome području donosi i nove zahtjeve: usavršavanje stručnog osoblja, razvoj i unapređivanje procesa zavarivanja, kao i opreme za zavarivanje. Inženjeri neprestano rade na rješavanju problema spajanja materijala zavarivanjem. [11]

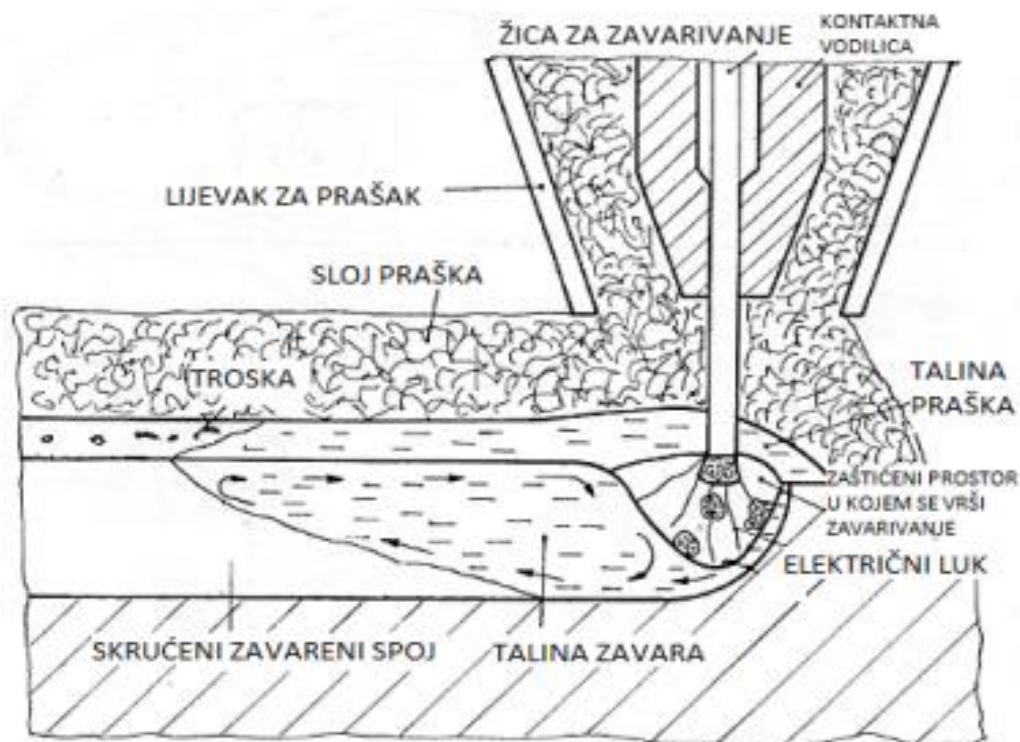
1.2.1 Elektrolučno zavarivanje pod praškom (EPP)

Elektrolučni postupci zavarivanja međusobno se dosta razlikuju, ali svima je svojstveno da postoji električni luk. [12]

Kod elektrolučno zavarivanje pod praškom električni luk se uspostavlja i održava između elektrode i radnog komada, ispod sloja praška, tako da se električni luk u toku procesa ne vidi. Električna energija luka pretvara se u toplinsku, tali osnovni materijal, dodatni materijal i prašak, uz mehanizirano dodavanje žice i kretanje luka određenom brzinom po sloju kojeg se zavaruje ili po površini radnog komada kojeg se navaruje. Talina osnovnog i dodatnog materijala spaja se u jednu cjelinu koja se skrućuje i čini zavareni spoj (Slika 2). Sam proces taljenja odvija se u zatvorenom prostoru kojeg čini talina troske nastala taljenjem praška, štiteći tako od štetnih plinova iz okolne atmosfere. [12]

Varijante EPP zavarivanja:

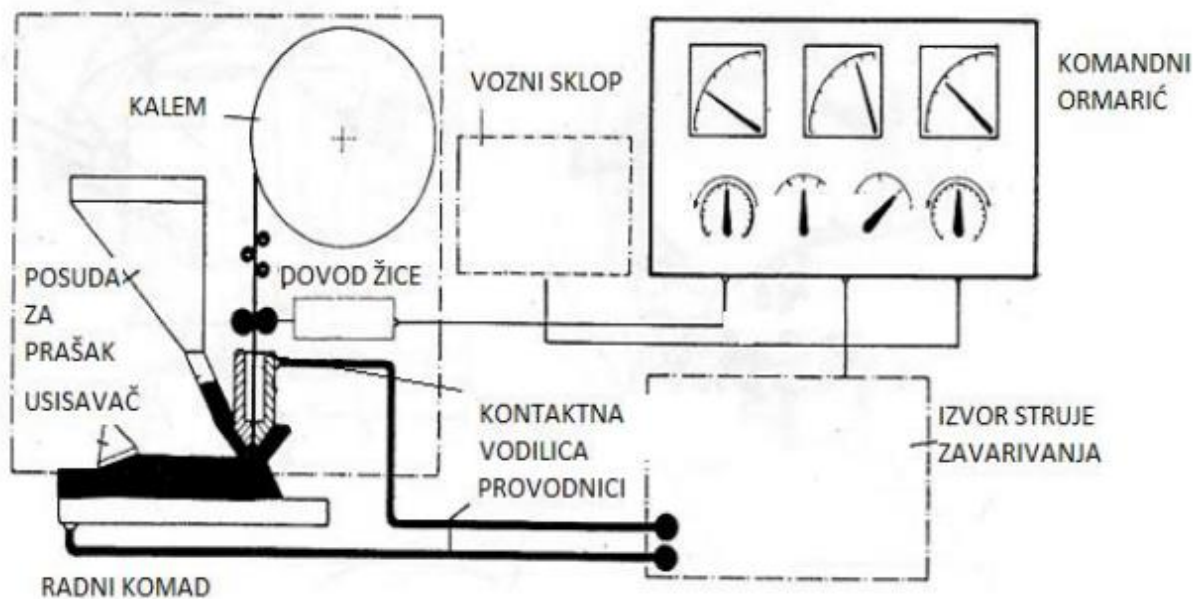
- Zavarivanje jednom žicom,
- Zavarivanje dvjema paralelnim žicama,
- Zavarivanje dvjema ili većim brojem žica jedna iza druge,
- Zavarivanje jednom žicom pod strujom, a druga predgrijana električnim otporom se dodaje u električni luk,
- Navarivanje dvjema žicama između kojih je uspostavljen električni luk, a talina pada na radni komad,
- Navarivanje elektrodom u obliku trake.



Slika 2 Shematski prikaz procesa taljenja kod EPP zavarivanja [12]

Proces koji se događa neposredno uz sam električni luk, ne bi bio moguć bez svih strojeva i uređaja (Slika 3) koji su neophodni kod EPP zavarivanja. Električna struja dolazi iz izvora struje zavarivanja, prolazi kroz provodnike, od kojih je jedan spojen na radni komad, a drugi na kontaktnu vodilicu koja se nalazi na glavi uređaja. Žica za zavarivanje dovodi se iz kalema sistemom za dovod žice. Uključivanjem procesa zavarivanja na preklopki na komandnom ormariću, koji je spojen s provodnicima struje za komande, uspostavi se električni luk i pokrene vozni sklop kojim se pomiče električni luk po mjestu zavarivanja ili se okreće radni komad, a luk miruje. [12]

Na ampermetru i na voltmetru zavarivač prati jakost struje i napon luka. Može smanjivati ili povećavati jakost struje preklopkom ili brzinom dodavanja žice ovisno o vrsti izvora struje zavarivanja. Na indikatoru brzine prati brzinu kretanja voznog sklopa i podešava je regulatorom. Dio praška koji se nije rastalio kupi se usisavačem ponovno u posudu za prašak, a skrućena troska skida se sa zavarenog spoja i odstranjuje. [12]



Slika 3 Shematski prikazan proces EPP zavarivanja [12]

Prednosti elektrolučnog zavarivanje pod praškom

- Mali gubici i visoka iskoristivost,
- zavarivanje u radionici i na terenu,
- mogućnost primjene različitih prašaka,
- električni luk nije vidljiv,
- velika učinkovitost i proizvodnost,
- automatski postupak (može biti i poluautomatski),
- visoka učinkovitost,
- nema štrcanja i nije potrebno odsisavanje,
- učinkovito navarivanje.

Nedostaci elektrolučnog zavarivanje pod praškom

- Nije moguće zavarivanje u prisilnim položajima.
- Mogućnost sistemske pogreške.
- Potrebni posebni uvjeti skladištenja praška.
- Složeniji uređaji (dovođenje žice, automatska regulacija duljine luka, CC/CV karakteristika).
- Nije moguće praćenje električnog luka u toku zavarivanja.
- Potrebna je velika vještina operatera.

1.3 Oprema u proizvodnji zavarenih konstrukcija

Kod svih proizvodnih tehnologija, pa tako i kod zavarivanja, često se koriste različite naprave za pojedine operacije, te za mehaniziranje i automatiziranje zavarivanja. Robote, linije za zavarivanje, automatizirane linije za izradu kompletnih zavarenih spojeva, uključivo fleksibilne tehnološke sustave, kao i kompletne tvornice zavarenih proizvoda mogu se planirati i analizirati s naglaskom na tehnologiju zavarivanja.

Povijesno gledano, prvi automati za zavarivanje su se primjenjivali u SAD za zavarivanje pod praškom tipa Unionmelt oko 1930. g. U velikom su opsegu ove automate koristili u SAD za zavarivanje brodova za drugi svjetski rat. Ti prvi automati su se sastojali od automatskog uređaja za dovođenje elektrodne žice do glave za zavarivanje pod prahom. Glava je bila smještena na kolica s mogućnošću promjene brzine kretanja-zavarivanja. Karakteristike ovog prvog automatskog zavarivanja su bile velika proizvodnost-količina istaljenog depozita i duboka penetracija zavara. Takvi automati se i danas uspješno koriste. Budućnost daljeg razvoja automatizacije zavarivanja će se temeljiti na primjeni raznih senzora i kompjutora za praćenje, bilježenje i upravljanje parametrima za zavarivanje, uz predviđanja pojava grešaka i istovremeno otklanjanje uzroka s težnjom zavarivanja bez greške.

Prema novim podacima, u Japanu u 1996. godini dosegnut je stupanj automatizacije 44 %, a stupanj robotizacije 23 % u proizvodnji automobila i strojeva. Taj opseg je manji u brodogradnji i maloserijskoj proizvodnji, gdje je automatizacija oko 20 %, a robotizacija ispod 5 %. [13]

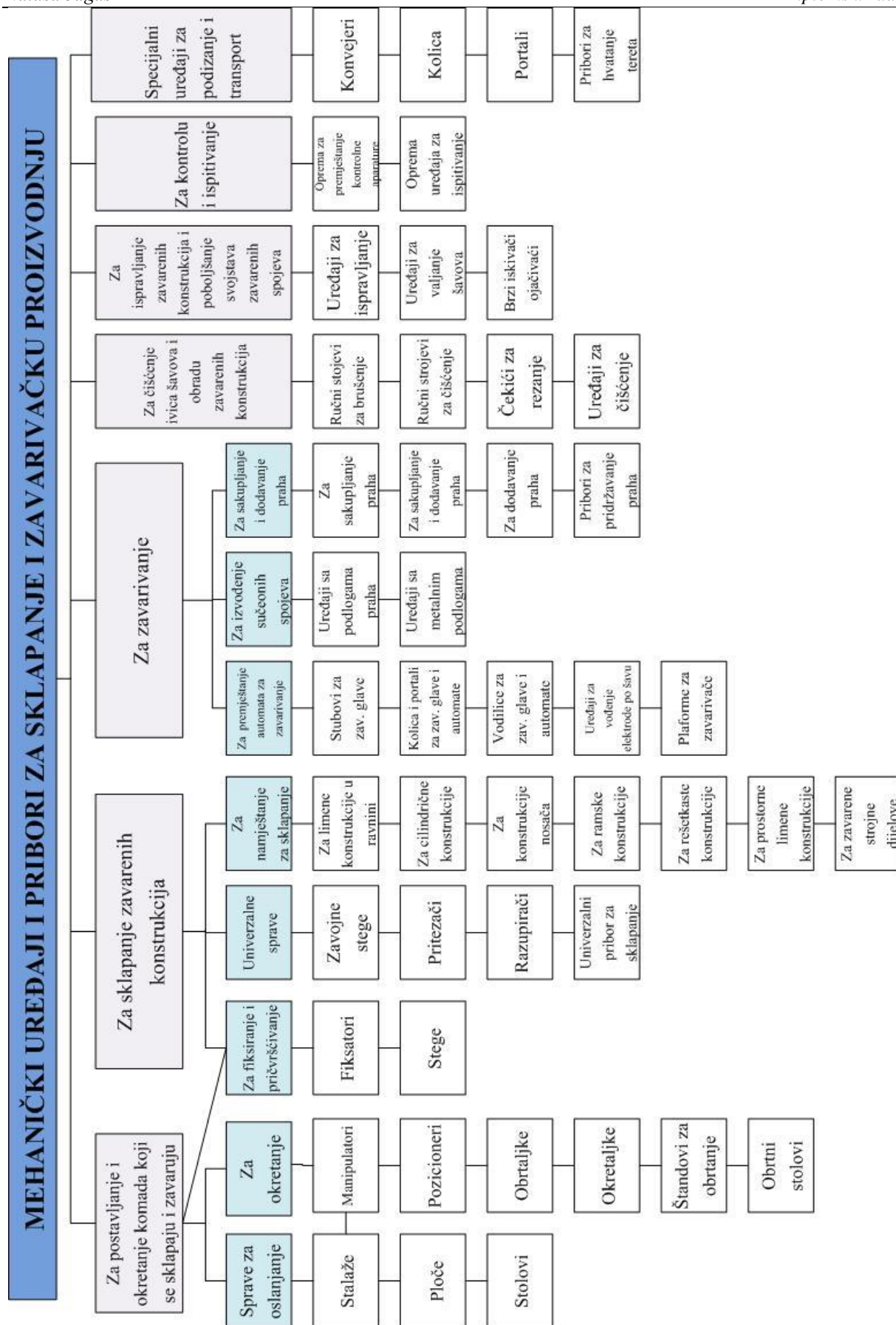
Naprave i automati za zavarivanje služe da s poboljša proizvodnosti (količine taljenja, brzine zavarivanja), niža kvalifikacija zavarivača zadovoljava uz primjenu naprava, smanjenje troškova, pojednostavljenje rada (nije potrebna dizalica, potrebna mala pripremno završna vremena,...), smanjenje grešaka - poboljšanje kvalitete zavarenih spojeva, smanjenje deformacija, poboljšanje zaštite zdravlja na radu i humanizaciju rada (izbjegava se težak rad i rad u prisilnim položajima).

Oprema i logistika za automatsko zavarivanje

Oprema i izvori struje imaju izuzetno veliku važnost kod zavarivanja. Uz standardne zahtjeve, posebno je važna robustnost sustava. Ovisno o proizvođaču moguće su manje izmjene u izvedbi. Preferira se modularna izvedba ovih sustava kako bi se postigla bolja

fleksibilnost ovisno o zahtjevima. Sustav za automatsko zavarivanje se sastoji od slijedećih komponenti:

- **Traktor** služi kao transportna i manipulativna jedinica i integralni je dio sustava. Na traktoru se nalaze generatori za struju, izvori struje za zavarivanje, spremnici sa zaštitnim plinom, mješači plina i ostala oprema.
- **Agregat za struju** pokretan diesel motorom koji mora osigurati električnu energiju ne samo za zavarivanje već i za pomoćne uređaje.
- **Izvor struje za zavarivanje** koji mora osigurati tražene parametre zavarivanja. Važno je napomenuti da se od ovakvih izvora zahtjeva visoka intermitencija za radne parametre jer se radi automatskom sustavu bez čestih prekida, tj. poželjna je 100% intermitencija za vrijednost radnih parametara.
- **Kontrolni sustav** koji objedinjuje upravljanje zavarivanjem i gibanjem glave za zavarivanje.
- **Terminal za programiranje** pomoću kojeg se unose parametri zavarivanja.
- **Glava za zavarivanje** obavlja glavno gibanje po orbitali uz pomoć vodeće nazubljene letve koja služi kao vodilica. U sklopu glave nalazi se pištolj za zavarivanje, mali kalem s dodatnim materijalom, kontrolni panel za određivanje gibanja tj. brzine i oscilacije njihanja te pogonski elektromotor. Jedan sustav ima dvije glave za zavarivanje pri čemu svaka zavaruje polovinu opsega cijevi. Da bi se poboljšala produktivnost zavarivanja na istu glavu moguće je kod određenih proizvođača montirati i dva pištolja za zavarivanje. To znači da u jednom prolazu glave istovremeno zavarujemo dva prolaza što komplicira i podiže zahtjeve za izvore struje i upravljačke sustave. Međutim, neka istraživanja pokazala su da takav termodinamički ciklus s tandem glavom rezultira boljim mehaničkim svojstvima zavara.
- **Spremnik zaštitnih plinova s mješačem** iz kojeg se dobavlja zaštitni plin. Mješač je potreban jer se često mjenja omjer mješavine za korijenski ili završni prolaz čime se utječe na geometriju zavarenog spoja.
- **Zavarivačka kućica ili šator** koji služi kao zaštita od vremenskih uvjeta ali u koji su integrirani svi priključci kako bi se minimaliziralo vrijeme pripreme i manipulacije.
- **Sustav za pozicioniranje i centriranje** cijevi koji se većini slučajeva koristi pneumatskim ili hidrauličnim pogonom i u koji može biti integrirana podloga za zavarivanje. (Slika 4). [10]



Slika 4 Klasifikacija mehaničke opreme za zavarivanje [14]

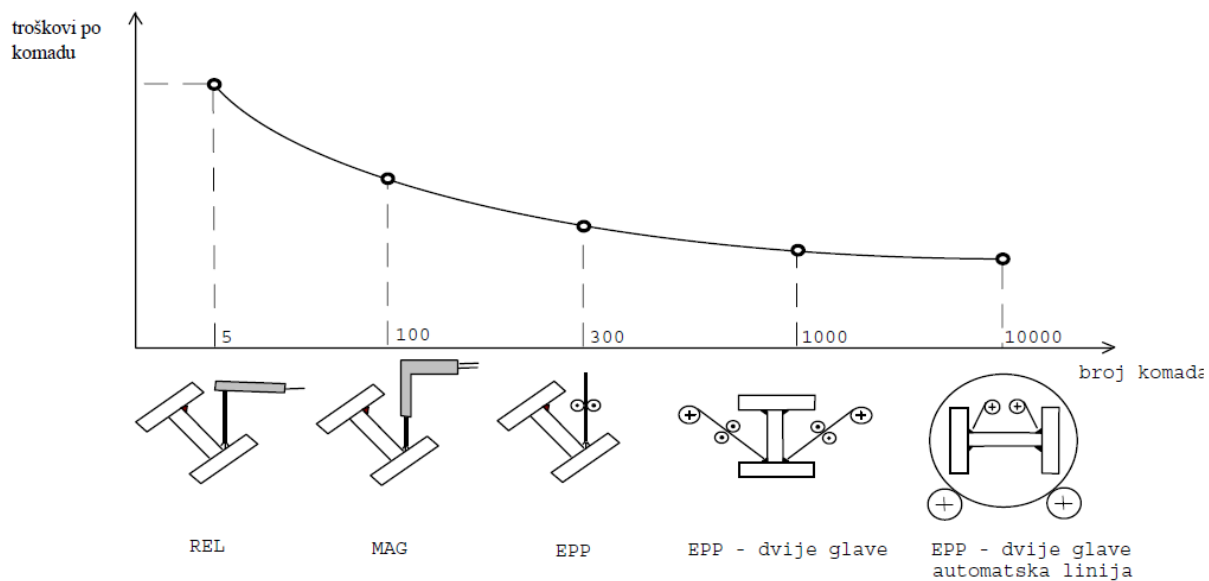
1.4 Rentabilnost opreme za zavarivanje

Da bi stroj za zavarivanje bio rentabilan mora se u obzir uzeti određene uvjet: nabavna cijena naprave i troškovi održavanja, osiguranja i kamata naprave za "g" godina moraju biti manji ili jednaki uštedi koja se ostvaruje primjenom naprave za "g" godina u odnosu na rad bez naprave. Ako je ispunjen taj uvjet kaže se kako je uporaba naprave rentabilna.

$$C_{naprave} \leq \frac{\sum_{i=1}^n N_i \cdot [t_i^r \cdot ODI^r (1 + IDZ) - t_i^a \cdot ODI^a (1 + IDZ)]}{1 + (T_{održavanja} + T_{osiguranja} + T_{poreza} + T_{kamate} + T_{pf}) \cdot g}$$

N_i	...	broj komada nekog proizvoda koji će se raditi za "g" godina, kom
t_i^r	...	potrebno vrijeme za ručno zavarivanje, h/kom
ODI^r	...	osobni dohodak za ručno zavarivanje, kn/kom
t_i^a	...	potrebno vrijeme za automatsko zavarivanje, h/kom
ODI^a	...	osobni dohodak za automatsko zavarivanje, kn/kom
IDZ	...	ukupne obveze društvenoj zajednici, npr. za 60% , $IDZ = 0,6$
n	...	broj grupa proizvoda, npr. $n_1 = 500$ kom. profil 100 $n_2 = 100$ kom. profil 200
$T_{održavanja}$...	troškovi održavanja (npr. 3,5% godišnje = 0,035)
$T_{osiguranja}$...	troškovi osiguranja (npr. 2% godišnje = 0,02)
T_{poreza}	...	posebni porezi (npr. 1% godišnje = 0,01)
T_{kamate}	...	troškovi kamata (npr. 3% godišnje = 0,03)
T_{pf}	...	izdvajanje za poslovni fond (npr. 3,5% godišnje = 0,035)

Iz izraza moguće je izračunati minimalan broj komada koji se trebaju proizvoditi (zavarivati) u napravi određenih karakteristika i cijene (Slika 5).



Slika 5 Grafički prikaz ovisnosti troškova po komadu i količine komada [10]

Iz dijagrama se može iščitati kako troškovi po komadu zavarivanja smanjuju što se povećava količina komada koji se zavaruju te je najisplativije EPP zavarivanje.

2 RAZVOJ PROIZVODA

Proces razvoja proizvoda sastoji se od sedam faza: planiranje, koncipiranje, konstruiranje, detaljiranje, ispitivanje i dorada te priprema proizvodnje (Slika 6).

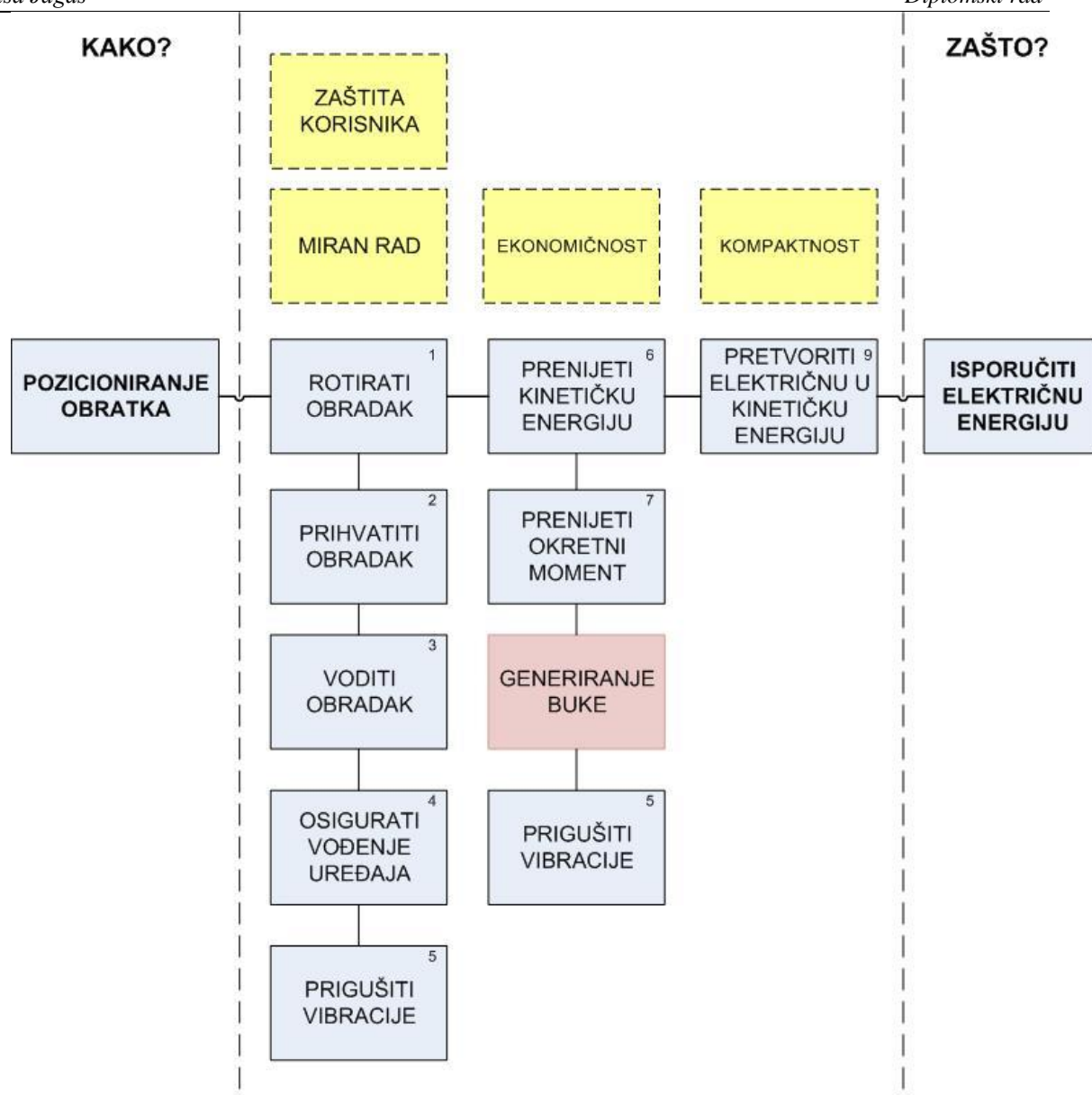


Slika 6 Faze razvoja proizvoda

U fazi koncipiranja, nakon što se definiraju potrebe kupca, odnosno korisnika, slijedi određivanje funkcija proizvoda. Funkcija je jasna definicija o relaciji između “ulaza” koji proizvod (ili njegova komponenta) dobiva od okoline i očekivanog “izlaza” koji isporučuje okolini bez obzira na svoj fizički oblik. Ne postoji univerzalni način generiranja na koji način će se realizirati sve funkcije proizvoda. Tokom godina razvijene su i adaptirane razne metode, a jedan od načina je korištenje FAST stabla za kreiranje morfološke matrice kako bi se generirali koncepti.

2.1 FAST - Function Analysis System Technique

Funkcijsko stablo FAST metode se kreira *top-down* pristupom uz odgovaranje na pitanja u horizontalnom smjeru. Postavlja se glavna funkcija s desne strane lijeve linije, a zatim se odgovorom na pitanje “Zašto je ta funkcija potrebna?” ostale funkcije postavljaju s lijeve strane lijeve linije. Desno od desne linije postavlja se funkcija eksterna u odnosu na proizvod, a odgovara na pitanje “Kako se ova funkcija ostvaruje?”. Sve se povezuju linijom da se dobije kritični put. Ispod funkcija na kritičnom putu generiranje se sekundarne funkcije koje proizlaze iz osnovnih funkcija. Na stablo se također upisuju glavni principi potrebni za razvoj proizvoda. Rezultat ove metode je pregledni, grafički prikaz funkcija proizvoda koji proizlaze iz zahtjeva koje proizvod mora zadovoljiti (Slika 7).



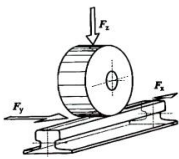
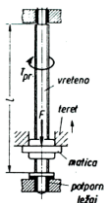
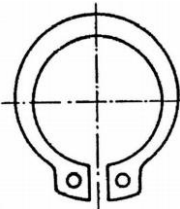

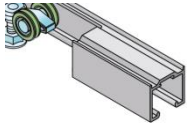

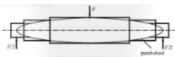


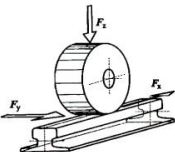





Slika 7 Funkcijsko stablo uređaja

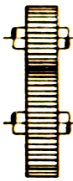
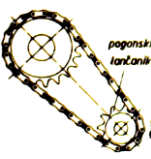
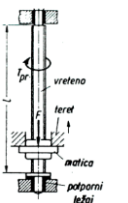
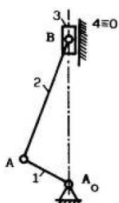
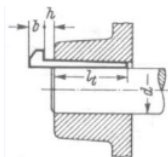

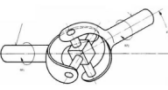


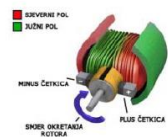
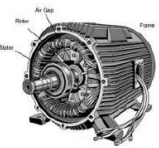


2.2 Morfološka matrica

Morfološka matrica se najčešće primjenjuje u razvoju koncepata jer to samo po sebi vrlo kreativan proces, a pruža pregled na sva moguća rješenja u vrlo kompaktnom obliku. Morfološka matrica se kreira sa dva cilja. Prvi je izrada same matrice, gdje se kreativnost usmjeruje u pretragu svih opcija, odnosno alternativa za neki parametar. Drugi pravac je kombiniranje alternativa da bi se dobilo ukupno rješenje, tj. koncept. Ovako strukturirani

pregled svih rješenja omogućuje generiranje velikog broja vrlo raznovolikih koncepata. Čak i kada se neka kombinacija u početku čini neracionalna, mogla bi rezultirati inovativnom idejom.

Tabela 1 Morfološka matrica

FUNKCIJA	PRINCIPI RJEŠENJA				
	A	B	C	D	E
1. ROTIRATI OBRADAK	Valjci 	Konus	Oblikom		
2. PRIHVATITI OBRADAK	Vreteno 	Uskočnik 	Pneumatski hidraulični cilindri 	Oblikom	
3. VODITI OBRADAK	Vodilice 	Ležaj 	Osovina 	Zubna letva 	
4. OSIGURATI VOĐENJE UREĐAJA	Gusjenice 	Kotači 	Propeler 	Oblikom	
5. PRIGUŠITI VIBRACIJE	Elastični elementi 	Spužve 	Amortizer 	Kruta konstrukcija 	

FUNKCIJA	PRINCIPI RJEŠENJA				
	A	B	C	D	E
6. PRENIJETI KINETIČKU ENERGIJU	Zupčanici 	Lančanici 	Vreteno 	Mehanizam 	
7. PRENIJETI OKRETNi MOMENT	Klin 	Spojka 	Kardansko vratilo 	Lanac 	Remen 
8. PRETVORITI ELEKTRIČNU ENERGIJU U KINETIČKU ENERGIJU	Istosmjerni motor 	Sinkroni motor 	Asinkroni motor 	Servo motor 	

2.3 Kreiranje, vrednovanje i odabir koncepta

Tabela 2 Morfološka matrica – odabir rješenja

FUNKCIJA	PRINCIPI RJEŠENJA				
	A	B	C	D	E
1. Rotirati obradak					
2. Pihvatiti obradak					
3. Voditi obradak					
4. Osigurati vođenje uređaja					
5. Prigušiti vibracije					
6. Prenijeti kinetičku energiju					
7. Prenijeti okretni moment					
8. Pretvoriti električnu energiju u kinetičku energiju					

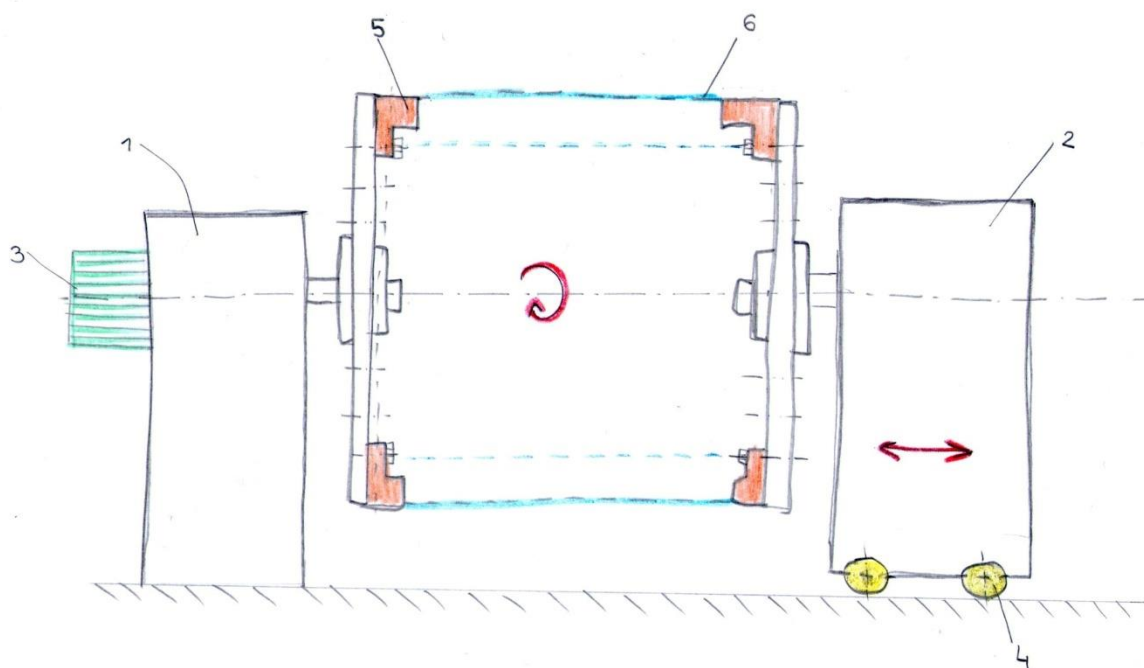
Koncept 1 ———

Koncept 2 ———

Koncept 3 ———

U prvi stupac morfološke matrice (Tabela 1) upisane su sve funkcije koje bi uređaj trebao imati prema funkcijskom stablu (Slika 7). U ostale stupce se zatim unose principi rješenja tih funkcija. Uzimajući po jedno rješenje za svaku funkciju, kreiraju se koncepti potencijalnog uređaja (Tabela 2).

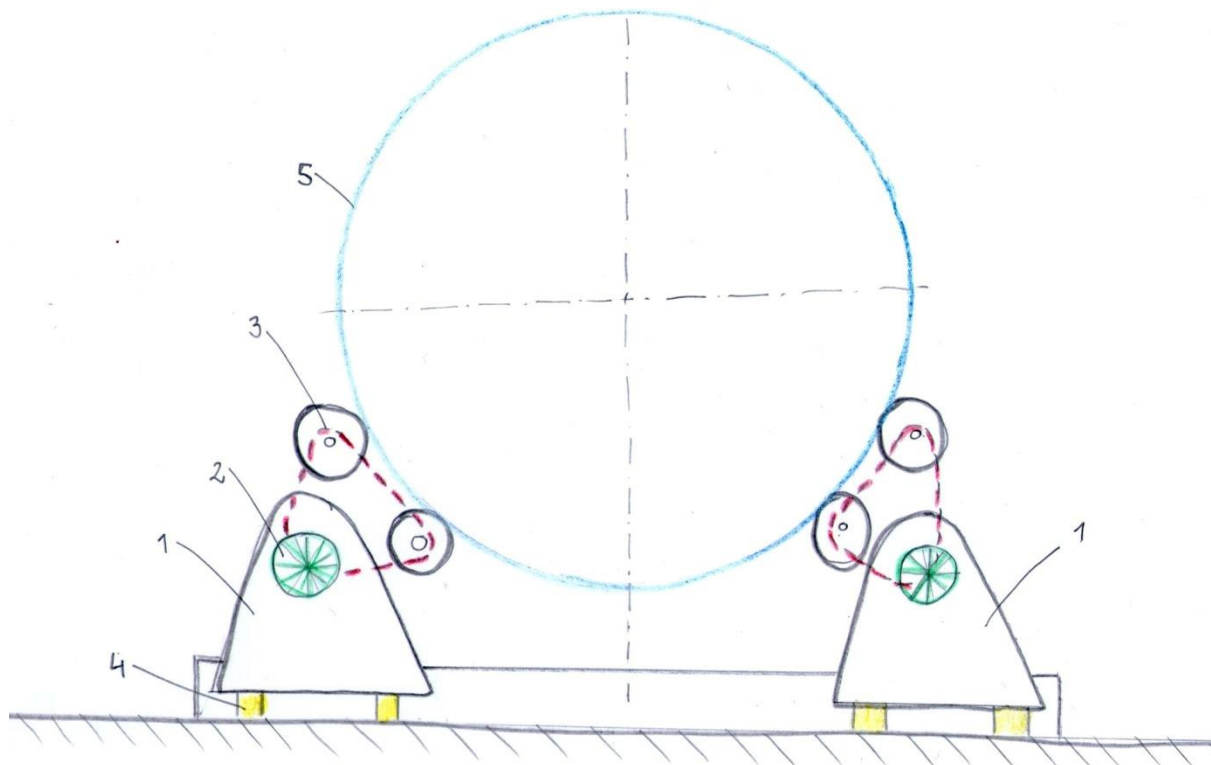
2.3.1 Koncept 1 – kandasta okretaljka



Slika 8 Koncept 1 – kandasta okretaljka

Koncept 1 (Slika 8) sastoji se od pogonske jedinice (1) i slobodne jedinice (2). Na pogonskoj jedinici (1) nalazi se elektromotor (3) za rotaciju, ali se sama jedinka ne pomiće. Na slobodnoj jedinici (2) nalaze se kotači (4) koji omogućuju pomicanje tako da uređaj nije ovisan o duljini obratka (6). Na obje jedinice nalazi se nosači (5) koji svojim oblikom prihvaća obradak (6) s nutarnje strane. Nosači (5) su pričvršćeni vijcima i mogli bi se premještati, ovisno o promjeru obratka (6).

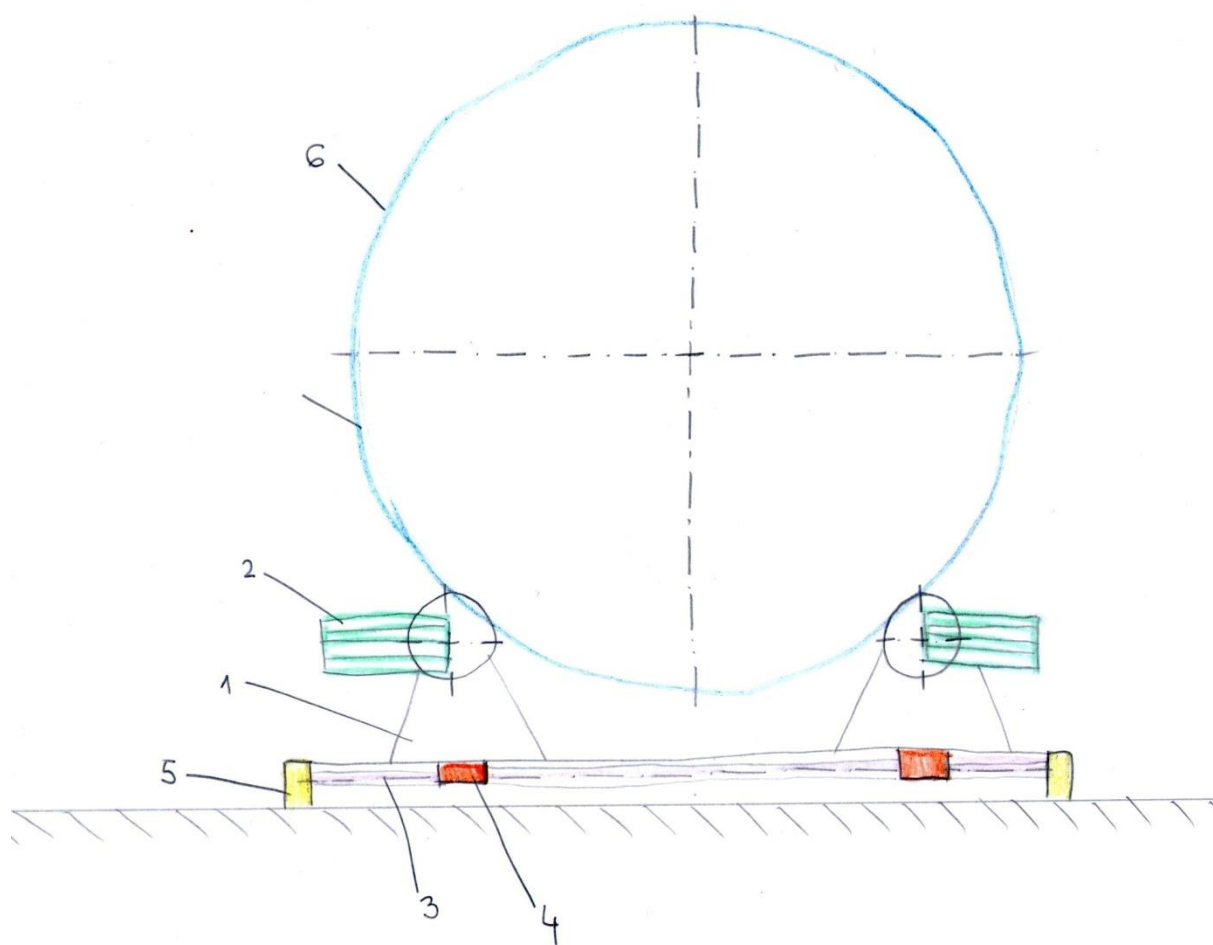
2.3.2 Koncept 2 – okretaljka s 2 oslonca



Slika 9 Koncept 2 – okretaljska s 2 oslonca

Koncept 2 (Slika 9) sastoji se od pogonske jedinice i slobodne jedinice. Obje se sastoje od dva simetrična boka (1). Na pogonskoj jedinici se nalazi elektromotori (2). Bokovi imaju kotače (4) za uzdužno pomicanje kako bi se mogli obrađivati cilindri (5) bez obzira na njihovu duljinu. Lančanim prijenosom (3) se podešava položaj valjaka tako da svaki par u dvije točke dodiruje cilindar (5) ovisno o njegovom promjeru pa se bokovi (1) ne moraju razmicati.

2.3.3 Koncept 3 – okretaljka s pokretnim bokovima



Slika 10 Koncept 3 – okretaljka s pokretnim bokovima

Koncept 2 (Slika 10) sastoji se od pogonske jedinice i slobodne jedinice. Obje se sastoje od dva simetrična boka (1). Na pogonskoj jedinici se nalazi elektromotori (2). Bokovi se mogu razmicati, odnosno primicati (4) okretanjem navojnog vretena (3) ovisno o promjeru obratka (6). Na postolju pogonske i slobodne jedinice nalaze se kotači (5) kako bi uređaj mogao obrađivati proizvode bez obzira na njihovu duljinu.

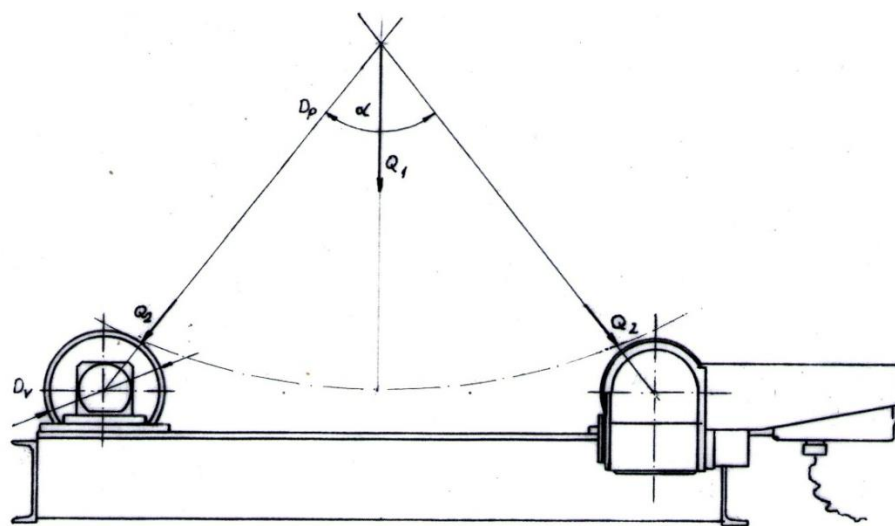
Tabela 3 Vrednovanje koncepata

KRITERIJ	KONCEPT 1	KONCEPT 2	KONCEPT 3
1.Podesivost promjeru cijevi	+	++	+
2.Upravljljivost	-	+	+
3.Nosivost	+	+	+
4.Mobilnost	-	+	+
5.Jednostavno za rukovanja	--	-	+
6.Sigurnost	+	+	+
7.Miran rad	+	+	+
8.Jednostavna konstrukcija	+	--	+
9.Povoljna cijena	+	-	+
10.Ekonomičnost	+	+	+
11.Lako održavanje	+	+	+
Σ +	8	11	11
Σ -	4	4	0
Σ ukupno	4	7	11

Kreirani koncepti se ocjenjuju prema kriterijima koje moraju zadovoljiti (Tabela 3). Obzirom na navedene prednosti i nedostatke koncept 3 je odabran kao najbolje rješenje s obzirom na potrebe korisnika.

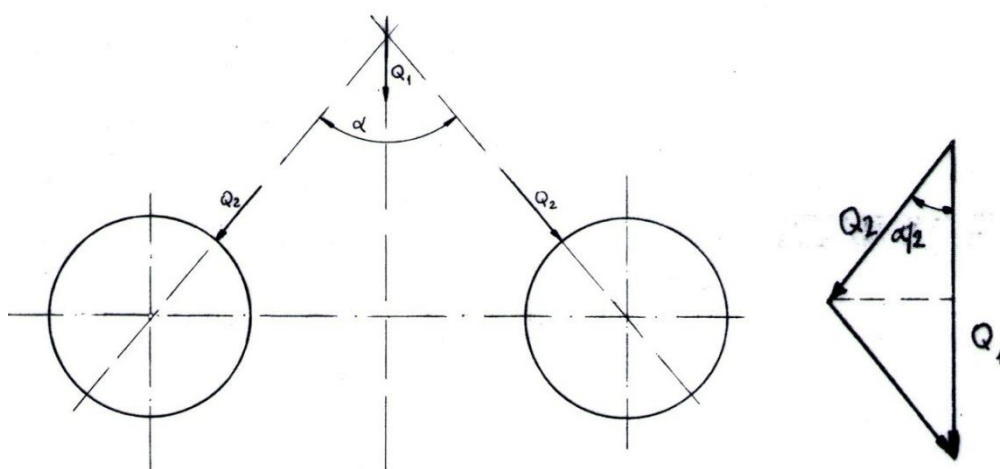
3 PRORAČUN

Okretaljka se sastoji iz više samostalnih jediniki koje se mogu pomicati po tračnicama tako da mogu pojedini elementi međusobno pomicati radi podešavanja. Maksimalna nosivost okretaljke je $Q_1 = 50 \text{ kN}$.



Pošto su jedinice okretaljke simetrično postavljene, a također i valjci na jednoj jedinki ukupno maksimalno opterećenje dijeli se na svaku jedinku simetrično, a na svakoj jedinci također simetrično po valjcima.

3.1 Raspored opterećenja na kotače



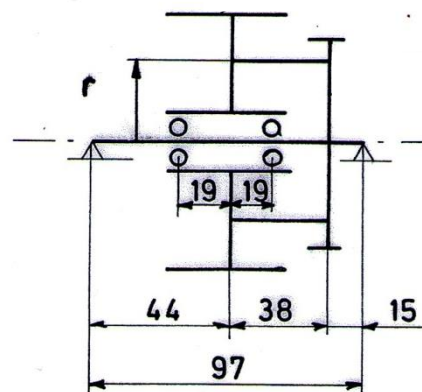
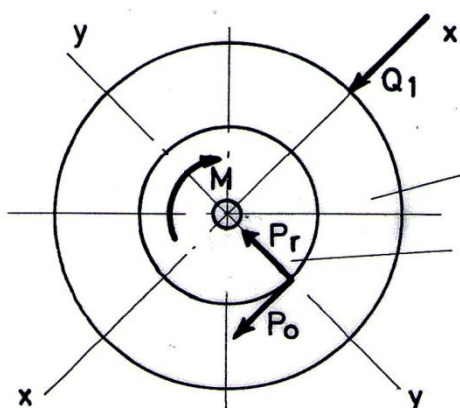
Za proračun se uzima najnepovoljnije opterećenje, tj. kada sila na kotače djeluje pod kutem $\frac{\alpha}{2} = 30^\circ$. ($\alpha = 60^\circ$).

$$Q_2 = \frac{\frac{Q_1}{2}}{\cos \frac{\alpha}{2}} \quad (1)$$

$$Q_2 = \frac{\frac{25}{2}}{\cos 30} = \frac{12,5}{0,866} = 14,44 \text{ kN}$$

3.2 Dimenzioniranje pogonske jedinice

3.2.1 Sile koje opterećuju pogonski kotač



Obodna sila

$$P_o = \frac{M}{r} \quad (2)$$

$$M = 280 \text{ kN/mm}$$

$$r = 150 \text{ mm}$$

$$P_o = \frac{280}{150} = 1,86 \text{ kN}$$

Radikalna sila

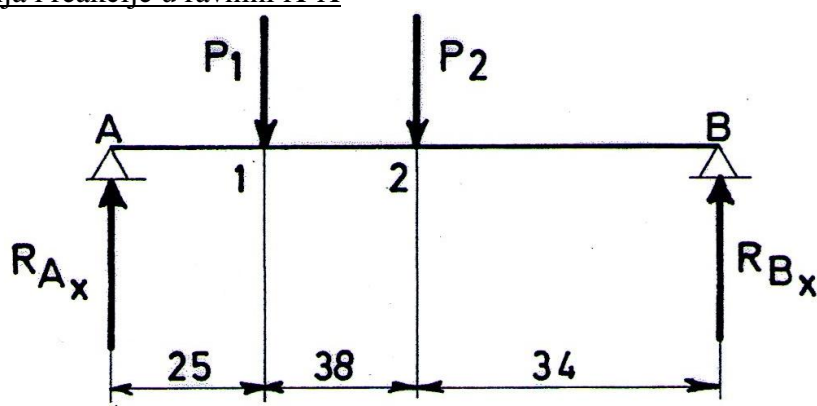
$$P_r = P_o \cdot \tan \alpha \quad (3)$$

Kada se (2) uvrsti u (3) dobije se:

$$P_r = 1,86 \cdot \tan 30 = 1,08 \text{ kN}$$

3.2.2 Dimenzioniranje osovine pogonskog kotača

Moment savijanja i reakcije u ravnnini X-X



$$P_1 = P_2 \quad (4)$$

$$P_1 = \frac{P_o}{2} + \frac{Q_2}{2} \quad (5)$$

Uvrštavanje (1) i (2) u (5) dobije se:

$$P_1 = \frac{1,86}{2} + \frac{14,44}{2} = 8,15 \text{ kN}$$

$$P_2 = 8,15 \text{ kN}$$

$$\sum M_A = 0 \quad (6)$$

$$P_1 \cdot l_1 + P_2 \cdot l_2 - R_{Bx} \cdot l_{Bx} = 0 \quad (7)$$

$$R_{Bx} = \frac{P_1 \cdot l_1 + P_2 \cdot l_2}{l_{Bx}} \quad (8)$$

$$R_{Bx} = \frac{8,15 \cdot 25 + 8,15 \cdot 63}{97} = 7,40 \text{ kN}$$

$$\sum Y = 0 \quad (9)$$

$$R_{Ax} - P_1 - P_2 + R_{Bx} = 0 \quad (10)$$

$$R_{Ax} = P_1 + P_2 - R_{Bx} \quad (11)$$

$$R_{Bx} = 8,15 + 8,15 - 7,40 = 8,9 \text{ kN}$$

Moment savijanja:

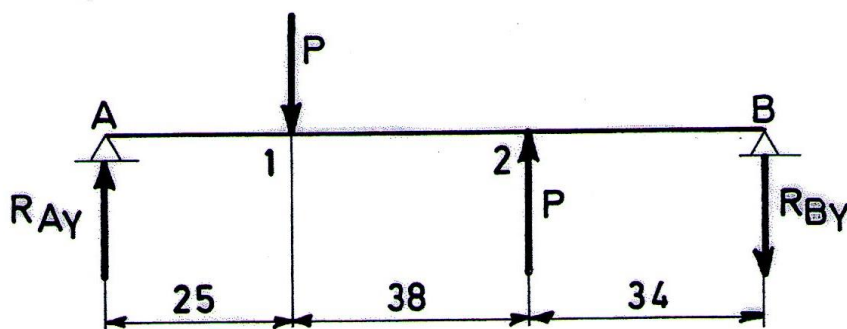
$$M_{S1x} = R_{Ax} \cdot l_1 \quad (12)$$

$$M_{S1x} = 8,9 \cdot 25 = 222,5 \text{ kNmm}$$

$$M_{S2x} = R_{Ax} \cdot l_2 - P_1 \cdot l_3 \quad (13)$$

$$M_{S2x} = 8,9 \cdot 63 - 8,15 \cdot 38 = 251 \text{ kNmm}$$

Moment savijanja i reakcije u ravlini Y-Y



$$P = \frac{P_r \cdot l_1}{l_1} = P_r \quad (14)$$

$$P = 1,08 \text{ kN}$$

$$\sum M_A = 0 \quad (15)$$

$$P \cdot l_1 - P \cdot l_2 + R_{By} \cdot l_{By} = 0 \quad (16)$$

$$R_{By} = \frac{P \cdot l_1 - P \cdot l_2}{l_{By}} \quad (17)$$

$$R_{By} = \frac{1,08 \cdot 63 - 1,08 \cdot 25}{97} = 0,42 \text{ kN}$$

$$\sum Y = 0 \quad (18)$$

$$R_{Ax} - P - P + R_{Bx} = 0 \quad (19)$$

$$R_{Ax} = R_{Bx} \quad (20)$$

$$R_{Ax} = 0,42 \text{ kN}$$

Moment savijanja:

$$M_{S1y} = R_{Ay} \cdot l_1 \quad (21)$$

$$M_{S1y} = 0,42 \cdot 25 = 10,5 \text{ kNmm}$$

$$M_{S2y} = R_{Ay} \cdot l_2 - P \cdot l_3 \quad (22)$$

$$M_{S2y} = 10,5 \cdot 63 - 1,08 \cdot 38 = 620,46 \text{ kNmm}$$

Rezultirajući moment savijanja

$$M_{srez} = \sqrt{M_{Sx}^2 + M_{Sy}^2} \quad (23)$$

$$M_{s1rez} = \sqrt{M_{S1x}^2 + M_{S1y}^2}$$

$$M_{s1rez} = \sqrt{222,5^2 + 10,5^2} = 222,74 \text{ kNmm}$$

$$M_{s2rez} = \sqrt{M_{S2x}^2 + M_{S2y}^2}$$

$$M_{s2rez} = \sqrt{251^2 + 620,46^2} = 669,31 \text{ kNmm}$$

Određivanje promjera osovine

Materijal osovine: 42CrMo4

$$\sigma_{dop,s} = 1000 \text{ N/mm}^2$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot M_{srez}}{\sigma_{dop,s}}} \quad (24)$$

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot M_{s1rez}}{\sigma_{dop,s}}}$$

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 222,74}{1000}} 1,31 \text{ mm}$$

$$d_2 = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot M_{s2rez}}{\sigma_{dop,s}}}$$

$$d_2 = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 669,31}{1000}} = 1,47 \text{ mm}$$

Usvajamo promjere:

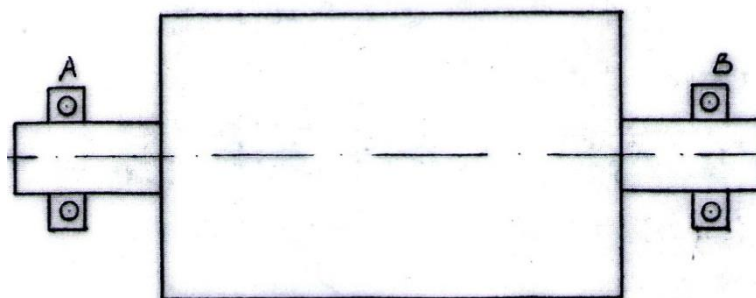
$$d_1 = 35 \text{ mm}$$

$$d_2 = 60 \text{ mm}$$

3.2.3 Proračun slobodnog kotača

Pošto je slobodni valjak manje opterećen, dimenzioniranje osovine se neće vršiti već se koristiti promjeri na pogonskom kotaču.

3.3 Odabir ležaja



Ležaji su opterećeni istim silama pa se proračun radi samo za jedan ležaj.

Dinamička sila na ležaj iznosi:

$$R = \sqrt{P^2 + P_1^2} \quad (25)$$

$$R = \sqrt{1,08^2 + 8,15^2} = 8,22 \text{ kN}$$

Odabiremo ležaj: Kuglični ležaj 6004 SKF

$$C = 19,8 \text{ kN}$$

$$C_o = 16,95 \text{ kN}$$

Dinamičko ekvivalentno opterećenje

$$C = \frac{f_L}{f_n} \cdot P \quad (26)$$

$$P = R = 8,22 \text{ kN}$$

$$f_L = 3 \dots \text{odabrano}$$

$$f_n = \sqrt[10/3]{\frac{33,33}{n}}$$

$$f_n = \sqrt[10/3]{\frac{33,33}{3,15}} = 2,19$$

$$C = \frac{3}{2,19} \cdot 8,22 = 10,14 \text{ kN}$$

Zadovoljen uvjet:

$$10,14 \text{ kN} < 19,8 \text{ kN}$$

Statičko ekvivalentno opterećenje

$$C_0 = S_0 \cdot P_0 \quad (27)$$

$$S_0 = 1$$

$$P_0 = \frac{Q_2}{2}$$

$$C_0 = S_0 \cdot \frac{Q_2}{2}$$

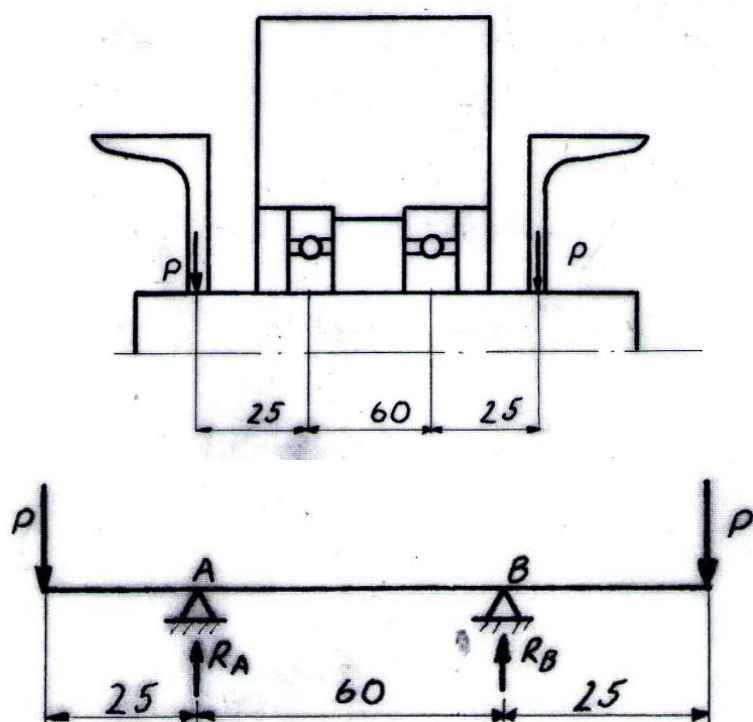
$$C_0 = 1 \cdot \frac{14,44}{2} = 7,22 \text{ kN}$$

Zadovoljen uvjet:

$$7,22 \text{ kN} < 16,95 \text{ kN}$$

Odabrani ležaj odgovara!

3.4 Proračun podvozja



3.4.1 Dimenzioniranje osovine kotača podvozja

$$d = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot M_{max}}{\sigma_{dop,s}}} \quad (28)$$

Iz simetrije slijedi:

$$P = R_A = R_B$$

$$P = \frac{Q_2}{8} = \frac{50}{8} = 6,25 kN$$

$$M_{max} = M_A = M_B = R_A \cdot l_1$$

$$M_{max} = 6,25 \cdot 25 = 156,25 kNmm$$

$$\sigma_{dop,s} = 220 N/mm^2$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 156,25}{220}} = 1,92 mm$$

Usvojeni promjer osovine: $d = 20 mm$

3.4.2 Dimenzioniranje uležištenja kotača podvozja

$$R_A = R_B = P = 6,25 kN$$

Odabrani ležaj: Kuglični ležaj 3205

$$C = 10,4 kN$$

$$C_0 = 8,15 kN$$

$$C_0 = S_0 \cdot P_0 \quad (27)$$

$$S_0 = 1$$

$$P_0 = 6,25 kN$$

$$C_0 = 1 \cdot 6,25 kN = 6,25 kN$$

Zadovoljen uvjet:

$$6,25 kN < 8,15 kN$$

Odabrani ležaj odgovara!

3.5 Odabir elektromotora s reduktorom

$$Q_1 = 5000 \text{ N}$$

$$d = 300 \text{ mm}$$

$$D = 1550 \text{ mm}$$

$$n = 2$$

$$M_m = 191,25 \text{ Nm}$$

Odabran motor: KAF47 R37 DRS71S4BE05/TF/V

Proizvođač: SEW

Broj okretaja: 4,2 ok/min

Moment: 400 Nm

Promjer osovine: 35 mm

Prirubnica: 200 mm

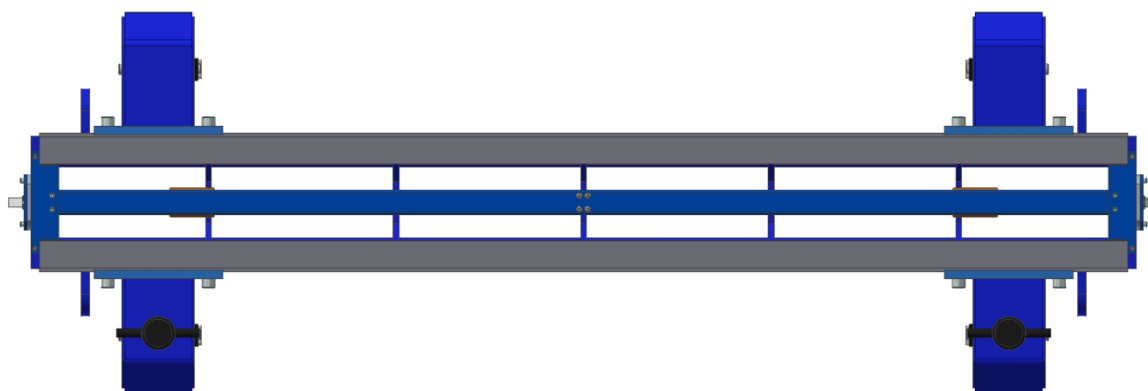


Slika 11 Elektromotor KAF47 R37 DRS71S4BE05/TF/V [27]

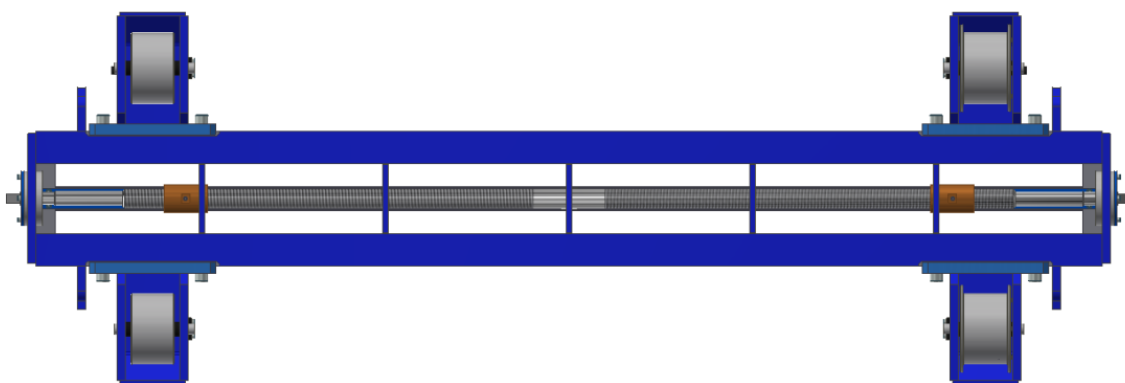
4 PRIKAZ 3D MODELA

U ovom poglavlju je prikazan računalni 3D model okretaljke za zavarivanje koji je nastao kao razrada konstrukcijskih rješenja.

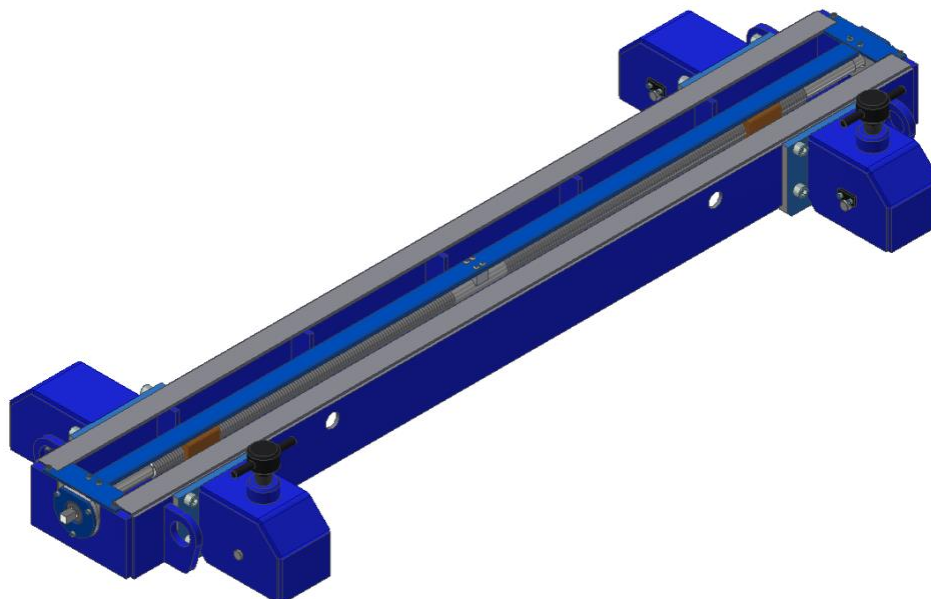
Uređaj je podjeljen u podsklopove. Podvozje (Slika 14) je napravljeno tako da odgovara i pogonskoj i slobodnoj jedinki okretaljke za zavarivanje. Kotači na podvozju su konstruirani i postavljeni tako da s jedne strane svojim oblikom osiguravaju vođenje po tračnicama unutar zavarivačkog pogona (Slika 13).



Slika 12 Podsklop podvozja: pogled odozgo

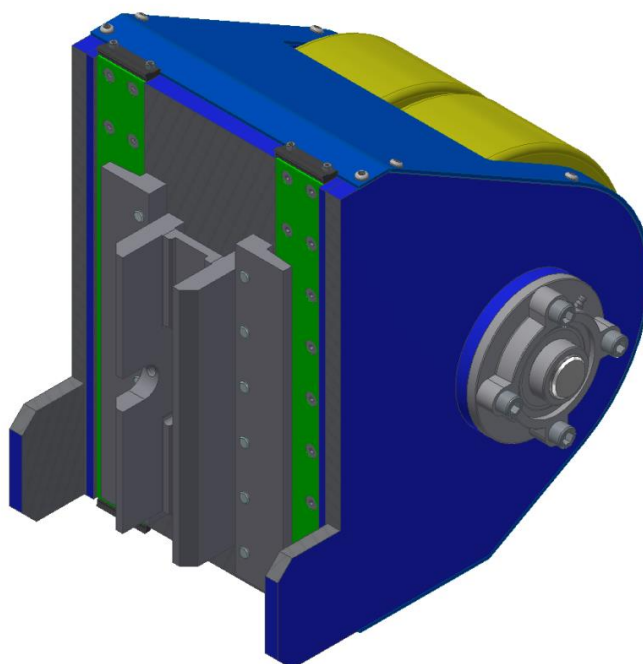


Slika 13 Podsklop podvozja: pogled odozdo

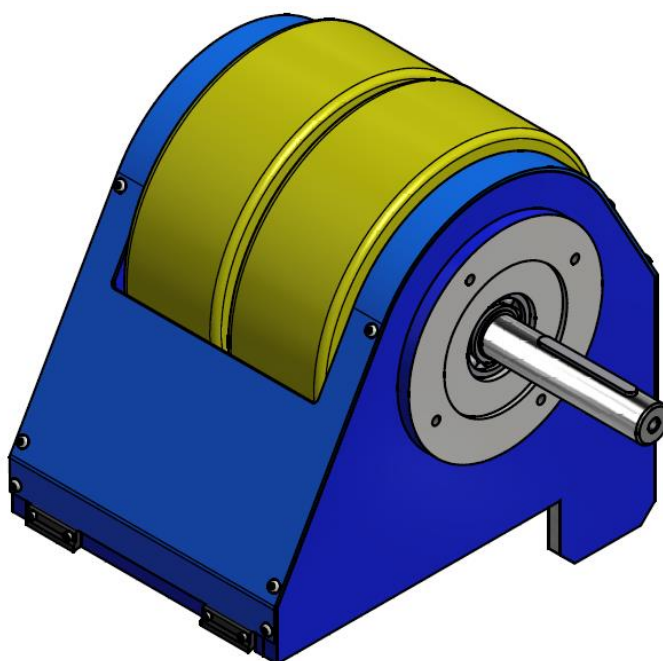


Slika 14 Podsklop podvozja

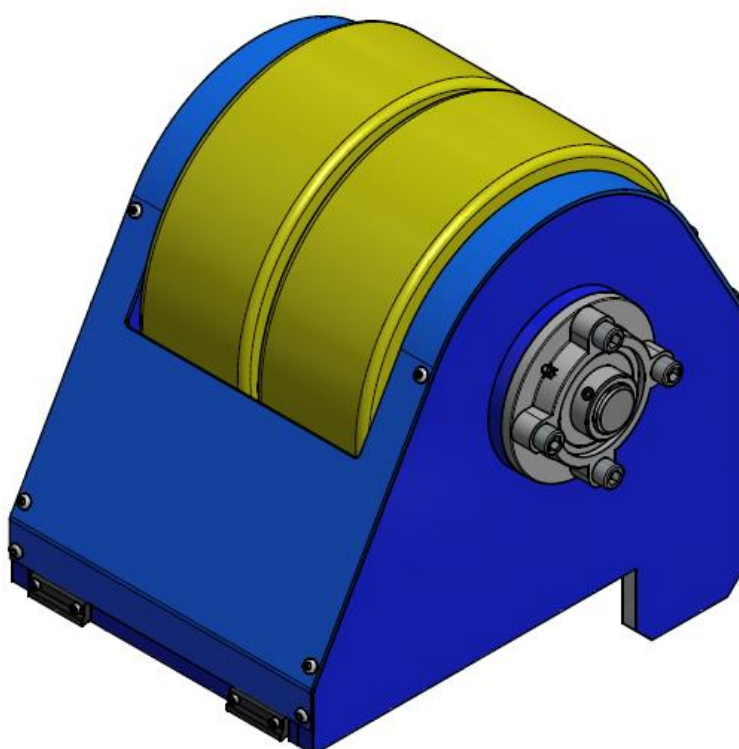
Na podvozje se postavljaju podsklopovi kotača za okretanje (Slika 15), ovisno o tome radi li se pogonskoj jedinici (Slika 16) ili o slobodnoj jedinici (Slika 17) okretaljke za zavarivanje.



Slika 15 Podsklop kotači za okretanje – prihvat na podvozje

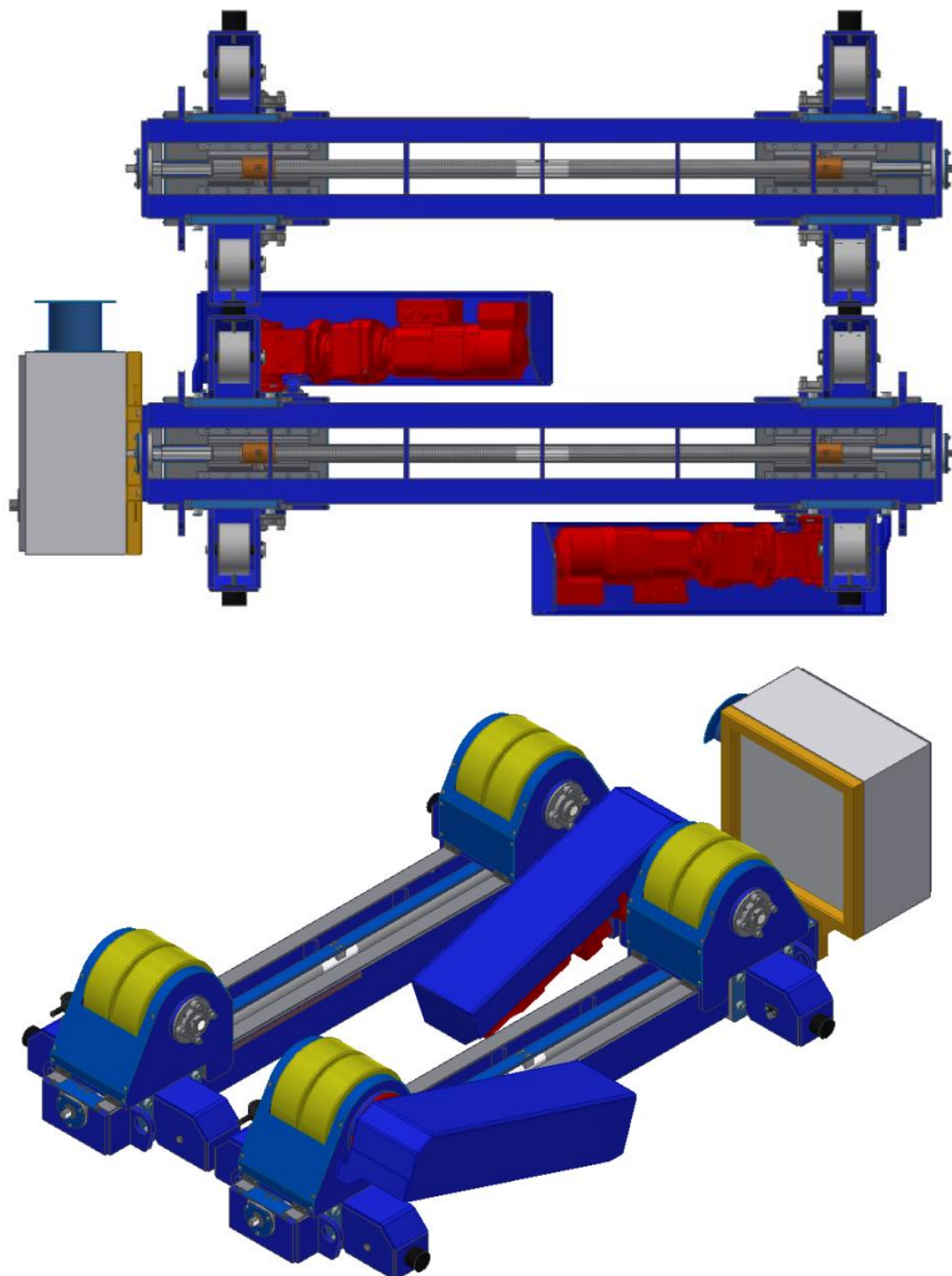


Slika 16 Podsklop: kotači za okretanje pogonske jedinice



Slika 17 Podsklop: kotači za okretanje slobodne jedinice

Montažom svih podsklopova, dobiva se konačni uređaj (Slika 18).



Slika 18 Glavni sklop: Okretaljka za zavarivanje

5 ZAKLJUČAK

Ovaj rad prikazuje metodički proces razvoja okretaljke - pomoćnog stroja kod zavarivanja. Cilj je bio osmisliti napravu koja će omogućiti neometano i jednostavnije rukovanje cilindričnim i konusnim paštevima većih dimenzija pri automatskom zavarivanju.

Prvotno je kreirano funkcijsko stablo kako bi se ustanovili zahtjevi koje uređaj mora zadovoljiti. Na temelju tog je napravljena morfološka matrica. Od osmišljenih konceptnih rješenja, izabrano je ono najbolje te je isto dalje konstrukcijski razrađeno.

Provedeni su proračuni bitnih komponenti konstrukcije te je izrađen 3D model konstrukcije iz kojeg je napravljena potrebna tehnička dokumentacija. Okretaljka je jednostavna i sigurna za uporabu, mobilna i samostojeća. Pri konstruiranju uređaja korišteni su standardni i lako dobavljivi dijelovi, te je razrađena u podsklopove kako bi sama izrada bila jednostavna i ekonomski isplativa.

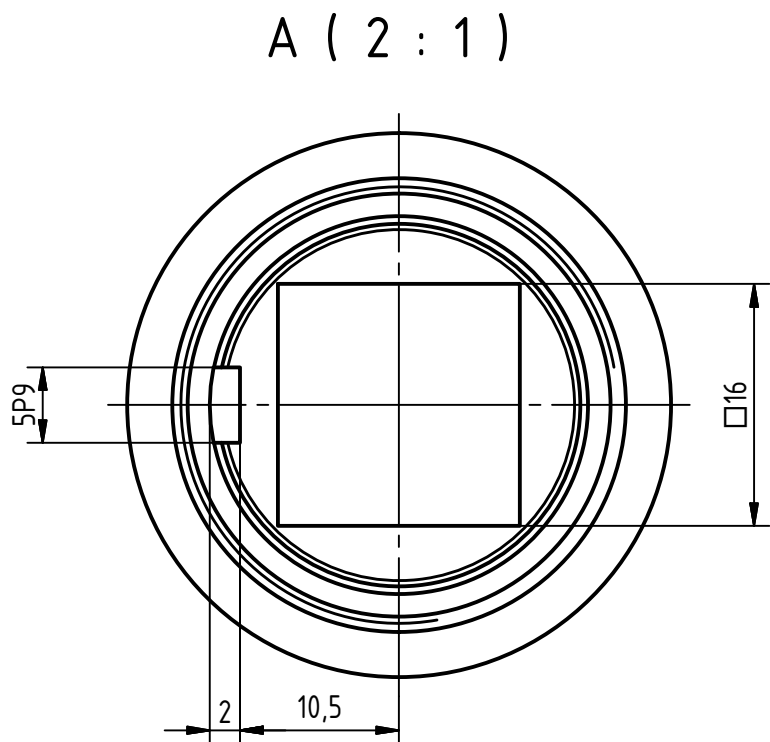
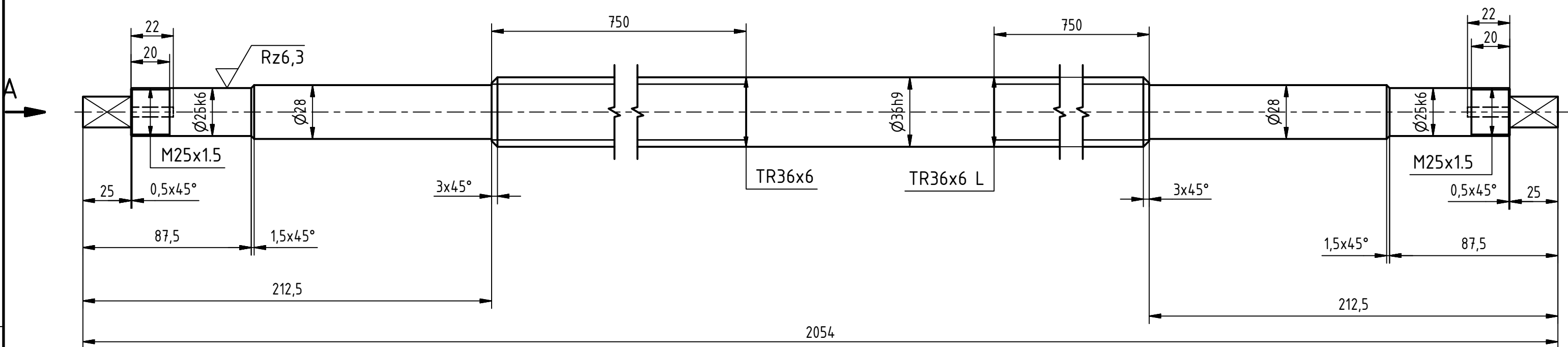
LITERATURA

- [1] Kraut, B.: Strojarski priručnik, Tehnička knjiga Zagreb, 1970.
- [2] Decker, K. H.: Elementi strojeva, Tehnička knjiga Zagreb, 1975.
- [3] Herold, Z.: Računalna i inženjerska grafika, Zagreb, 2003.
- [4] <http://www.uniweld-strojevi.com/hr>, zadnji posjet: lipanj 2018.
- [5] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Cijev>, zadnji posjet: lipanj 2018.
- [6] Decker, Karl-Heinz: Maschinenelemente. Bad Langensalza, Hanser, 2011, 775 str
- [7] https://www.pfri.uniri.hr/web/dokumenti/uploads_nastava/20180216_115257_kralj_PRI RU.NIK.BRODSKI_CJEVOVODI_ZA_WEB.pdf, zadnji posjet: lipanj 2018.
- [8] <http://www.brazilmonitor.com/index.php/2018/04/16/kerui-petroleum-to-build-petrobras-pre-salt-gas-processing-plant/>, zadnji posjet: lipanj 2018.
- [9] Obanijesu, E.O., Pareek, V., Gubner, R., Tade, M.O. (2010). Obrazovanje o koroziji, oruđe za opstanak industrije prirodnog plina. Nafta, 61(12), 555-563. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/63124>, zadnji posjet: lipanj 2018.
- [10] <https://www.sfsb.hr/kth/zavar/zavar/naprave.pdf>, zadnji posjet: lipanj 2018.
- [11] Miloš, V., Bilić, D., Pavletić, D. (2010). Automatizirano zavarivanje cijevi. Engineering Review : Međunarodni časopis namijenjen publiciranju originalnih istraživanja s aspekta analize konstrukcija, materijala i novih tehnologija u području strojarstva, brodogradnje, temeljnih tehničkih znanosti, elektrotehnike, računarstva i građevinarstva, 30(2), 101-109. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/63643>
- [12] M. Živčić: Elektrolučno zavarivanje pod zaštitom praška – EPP, Zavarivanje 26 (1983) 4, 215 – 221
- [13] Automation Technology of Arc Welding. Technical Commission on welding Processes. Japan Welding Society. 1996. IIW Doc. XII-1471-96.
- [14] Inženjersko tehnički priručnik – Zavarivanje I, II, III, IV, Biblioteka tehničke literature, Beograd, 1979.
- [15] <http://docplayer.net/52994941-6-rastavljivi-spojevi.html>, zadnji posjet: lipanj 2018.
- [16] <http://www.autonet.hr/tehnika/skola/prijenos-snage-i/>, zadnji posjet: lipanj 2018.
- [17] <https://tehnika.page.tl/Ma%26%23353%3Binski-elementi.htm>, zadnji posjet: lipanj 2018.


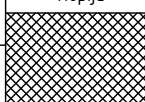

- [18] <http://www.tuli.si/si/prodajni-program/pogonska-tehnika/verige-verizniki/>, zadnji posjet: lipanj 2018.
- [19] <https://mstrgovina.hr/hr/Pogonski-remen-Dayco-Power-Plus-za-Yamaha-T-Max-500>, zadnji posjet: lipanj 2018.
- [20] https://cabline1.files.wordpress.com/2014/11/priprema_19.pdf, zadnji posjet: lipanj 2018.
- [21] <https://www.moja-djelatnost.hr/izrada-hidraulicnih-i-pneumatskih-cilindara-sveti-ivan-zelina/MMxEgK1>, zadnji posjet: lipanj 2018.
- [22] <https://iverpan.hr/media/catalog/product/cache/1/thumbnail/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/v/o/vodilica-jednostruka-silent.jpg>, zadnji posjet: lipanj 2018.
- [23] <http://ba.chinabearingsuppliers.com/deep-groove-ball-bearing/single-row-deep-groove-ball-bearing.html>, zadnji posjet: lipanj 2018.
- [24] <https://www.yumpu.com/xx/document/view/31085470/elementi-strojeva-fesb/141>, zadnji posjet: lipanj 2018.
- [25] <http://docplayer.net/51621033-Sveuciliste-u-zagrebu-fakultet-strojarstva-i-brodogradnje-diplomski-rad-ivan-matic-zagreb-2015.html>, zadnji posjet: lipanj 2018.
- [26] <http://www.skf.com/hr/index.html>, zadnji posjet: lipanj 2018.
- [27] <http://www.seweurodrive.com/produkt/helical-bevel-gearmotor-k-series.htm>, zadnji posjet: lipanj 2018.
- [28] <http://pleiger.com/vulkollan/>, zadnji posjet: lipanj 2018.
- [29] https://www.raedervogel.de/fileadmin/downloads2015/DE/Katalog_Broschueren/Haupt_katalog.pdf, zadnji posjet: lipanj 2018.

PRILOZI

- I. CD-R disc
- II. Tehnička dokumentacija



✓ Rz25 (✓ Rz6,3)

7.11	Vreteno			1		C45	Ø36x2060	14,8	
Poz.	Naziv dijela			Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa	
ISO - tolerancije			Datum	Ime i prezime		Potpis	<div> FSB Zagreb</div> <div>Studij strojarstva</div>		
Ø25k6	+0,015	Projektirao	07.2018	Nataša Jagaš					
	-0,002	Razradio	07.2018	Nataša Jagaš					
Ø36h9	0	Crtao	07.2018	Nataša Jagaš					
	-0,052	Pregledao	07.2018	Zvonko Herold					
		Mentor	07.2018	Zvonko Herold					
		Objekt: Metodička razrada okretaljke za zavarivanje				Objekt broj:			
						R. N. broj:			
		Napomena:				Smjer:		Kopija	
						Konstrukcijski			
		Materijal:		Masa:		DIPLOMSKI RAD			
				Naziv:			Pozicija:	Format: A1	
		Mjerilo originala		Okretaljka 5 t			7.11	Listova: 1	
		M 1:2 M 2:1						List: 1	
		Crtež broj: DR2018-1-00-000							